نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۳، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰، ص ۲۵۰-۲۳۷

Journal of Agroecology
Vol. 13, No.2, Summer 2021, p. 237-250

مقاله علمی - پژوهشی

بررسی آنالیزهای رشدی سه گونه رازیانه (*Foeniculum vulgare*)، کنجد (*Sesamum indicum*) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) در ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط

فاطمه رنجبر[۱]، علیرضا کوچکی[۲*] و مهدی نصیری محلاتی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۶/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۹/۰۷

رنجبر، ف.، کوچکی، ع.، و نصیری محلاتی، م.، ۱۴۰۰. بررسی آنالیزهای رشدی سه گونه رازیانه (*Foeniculum vulgare*)، کنجد (*Sesamum indicum*) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) در ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط. بوم‌شناسی کشاورزی ۱۳(۲): ۲۵۰-۲۳۷.

چکیده

به‌منظور بررسی شاخص‌هـای رشـدی سـه گیـاه رازیانـه (*Foeniculum vulgare*)، لوبیـا (*Phaseolus vulgaris*) و کنجـد (*Sesamum indicum*) در تیمارهای مختلف کشت مخلوط و خالص، آزمایشی در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسـی صـورت گرفـت. آزمایش به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل کشت خالص رازیانه، کشت خالص کنجد، کشت خالص لوبیا، کشت مخلوط ردیفی رازیانه - لوبیا، کشت مخلوط ردیفی رازیانه - کنجد، کشت مخلوط ردیفی کنجد - لوبیا و کشت مخلوط ردیفی رازیانه - لوبیا - کنجد بودند. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که در رازیانه بیشترین میزان ماده خشک (۱۸۴/۶ گرم بر مترمربع) و شاخص سطح سبز (۱/۲۸) مربوط به تیمار کشت خالص بود. در مورد کنجد بالاترین عملکرد ماده خشک، (۱۰۲۳ گرم بر مترمربع) و شاخص سطح برگ (۴/۲) در تیمارهای کنجد خالص و کنجد - رازیانه به‌دست آمد. در گیاه لوبیا بیشترین عملکرد ماده خشک (۵۴۶/۳۹ گرم بر مترمربع) و شاخص سطح برگ (۳/۸)، در تیمار کشت خالص لوبیا حاصل شد. کمترین میزان ماده خشک (۵۴ گرم بر مترمربع) و سطح برگ (۰/۶۱) در رازیانه به‌ترتیب در تیمار کشت مخلوط رازیانه- کنجد-لوبیا و رازیانه- کنجد به‌دست آمد. در مورد کنجد کمترین میزان ماده خشک (۲۸۶ گرم بر مترمربع) و سـطح بـرگ (۳/۲۴) در تیمارهـای کنجـد – رازیانـه و کنجد- رازیانه- لوبیا مشاهده شد. لوبیا در تیمار کنجد- رازیانه- لوبیا، کمترین میزان ماده خشک (۱۱۰ گرم بر مترمربع) و همچنین کمترین سطح برگ (۳/۰۸) را نشان داد. حداکثر سرعت رشد محصول در رازیانه در تیمار کشت خالص (۵/۱۹گرم بر مترمربـع در روز)، در کنجـد در تیمـار کنجـد خـالص (۲۴/۵۳ گرم بر مترمربع در روز) و در مورد لوبیا در تیمار لوبیا خالص مشاهده شد. کمترین سرعت رشد در مورد رازیانه در تیمار رازیانه- کنجد- لوبیا، در کنجد در تیمار کنجد- رازیانه و در مورد لوبیا در تیمار لوبیا- رازیانه و کنجد به‌ترتیب (۱/۶۲، ۶/۵۹ و ۳/۲۶گرم بر مترمربع در روز) به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: سرعت رشد گیاه، شاخص سطح برگ، کشت مخلوط ردیفی، نسبت برابری زمین

مقدمه

کشـاورزی اکولوژیـک یـک سیسـتم کشـاورزی تلفیقـی اسـت. سیستمی که در آن کیفیت محصول مهم‌تر از کمیت آن می‌باشـد. از این رو، کشاورزی اکولوژیک و کم‌نهاده می‌تواند به‌عنوان جـایگزینی برای نظام‌های رایج در نظر گرفته شـود و باعـث توسـعه کشـاورزی پایدار و در نهایت، حفظ سلامت محیط زیست گردد، استفاده از کشت مخلوط از جمله روش‌های توصیه شده برای حصول بـه ایـن اهـداف است (Francis, 1986; Federer, 1993). تحقیقات زیـادی نشـان داده است که کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص از جنبـه‌هـای مختلـف از جملـه عملکـرد برتـری دارد (Vandermeer, 1989;

۱- دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.
۲- استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: akooch@um.ac.ir)
Doi: 10.22067/jag.v13i2.25372

(Sujatha et al., 2011; Pelzer et al., 2012). از جمله مزایای دیگر کشت مخلوط می‌توان به مدیریت بهتر آفات، امراض و علف‌های هرز، افزایش تنوع، بهبود کیفیت محصول، ثبات و سود بیش‌تر در مقایسه با تک‌کشتی اشاره نمود، که این مزیت‌ها با استفاده کمتر از منابع تجدیدناپذیر و به حداقل رساندن خسارت به محیط زیست قابل دستیابی است (Francis, 1986).

فرایند رشد گیاهان زراعی از جنبه‌های مختلف قابل بررسی است. از نظر زراعی، مطالعه عملکرد مورد نظر بوده که به نوبه خود به عوامل مدیریت (تغذیه، آبیاری و تناوب) مرتبط است، امّا درک اکولوژی تولید، تفسیر یافته‌ها در سطح زراعی بر مبنای وقایع و فرایندها در سطح فیزیولوژیکی متمرکز است (Nassiri Mahallati, 2000). آنالیز رشد روش با ارزشی در بررسی کمّی رشد و نمو و تولید گیاهان زراعی به‌شمار می‌رود و نیز روشی پرقدرت برای تخمین بلندمدت تولید خالص فتوسنتزی است (Chiariello et al., 1989; Sarmadniya & Koocheki, 1989). تجزیه و تحلیل شاخص‌های رشد منحصراً به اندازه‌گیری سطح برگ و وزن خشک گیاه نیاز دارد (Gardner et al., 1988). مساحت برگ یکی از مهم‌ترین پارامترهایی است که برای مطالعه رشد، همانندسازی و بسیاری از فرآیندهای زراعی و اکولوژیکی از جمله فتوسنتز، تعرق و بیلان انرژی محیطی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Payne et al., 1991). تولید و تجمع ماده خشک توسط دو شاخص مهم سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی محصول (CGR[1] و RGR[2]) قابل تجزیه و تحلیل می‌باشد. محققان زیادی شاخص‌های رشد را در کشت‌های مخلوط مورد بررسی قرار داده‌اند، از جمله:

مافی و موسیارلی (Maffei & Mucciarelli, 2003)، بیان کردند که در کشت مخلوط نواری نعناع و سویا تعداد برگ در هر گره، سطح برگ و وزن خشک ساقه و برگ نعناع در کشت مخلوط بیش‌تر بود. این محققین همچنین گزارش کردند که عملکرد و کیفیت اسانس در کشت مخلوط بیش از کشت خالص این گیاه بود. در پژوهش دیگری در زمینه کشت مخلوط بابونه و همیشه بهار، نتایج حاکی از کاهش معنی‌دار سطح برگ، تولید ماده خشک، عملکرد گل و بذر در گیاه دارویی بابونه بود (Jahan, 2004) . کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2010) در مطالعه‌ای در زمینه شاخص‌های رشد شاهدانه و کنجد در دو نوع کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی بیان داشتند که بیشترین سرعت رشد گیاه در شاهدانه و کنجد به‌ترتیب در سری جایگزینی ۵۰٪ کنجد و ۵۰٪ شاهدانه و کشت خالص به‌دست آمد. میرهاشمی و همکاران (Mirhashemi et al., 2010) با بررسی شاخص‌های رشد زنیان و شنبلیله در کشت مخلوط و در شرایط ارگانیک بیان داشتند که بیشترین میزان تجمع ماده خشک زنیان و شاخص سطح برگ شنبلیه در کشت مخلوط سه ردیفی مشاهده شد. ظریف‌پور و همکاران (Zarifpur, 2011) طی بررسی خود بر کشت مخلوط زیره سبز و نخود بیشترین میزان تجمع ماده خشک زیره و شاخص سطح برگ را در تیمار کشت خالص این گیاه مشاهده کردند. این محققین همچنین گزارش کردند که حداکثر سرعت رشد محصول در زیره ۵/۷۲ (گرم در مترمربع در روز) بود که از تیمار کشت خالص زیره به‌دست آمد. جهانی و همکاران (Jahani et al., 2008) با بررسی کشت مخلوط زیره سبز و عدس، بالاترین میزان تجمع ماده خشک و شاخص سطح برگ زیره را در تیمارهای کشت مخلوط ردیفی زیره سبز و عدس و همچنین کشت خالص این گیاه گزارش کرد.

از آن‌جایی که بررسی خصوصیات فیزیولوژی رشد در تجزیه و تحلیل عملکرد از اهمیت خاصی برخوردار است، هدف از این آزمایش، بررسی تغییرات خصوصیات فیزیولوژیکی (تجمع ماده خشک، سطح برگ و سرعت رشد محصول) این سه گیاه در ارتباط با ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۰-۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا اجرا شد. قبل از اجرای آزمایش از محل تحقیق پنج نمونه خاک از عمق ۳۰ سانتی‌متری و از نقاط مختلف گرفته و به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک به آزمایشگاه انتقال داده شد. خاک مورد نظر دارای بافت لومی بود (جدول ۱).

1- Crop growth rate
2- Relative growth rate

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی خاک قبل از آزمایش

Table 1- Some physical and chemical properties of experimental site soil

بافت Texture	کربن آلی Organic carbon%	نیتروژن کل Total N (%)	فسفر P ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم K ($mg.kg^{-1}$)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)
لومی	0.59	0.063	13.2	135	7.24	1.3

آزمایش به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از: ۱- کشت خالص رازیانه (F) ۲- کشت خالص کنجد (S) ۳- کشت خالص لوبیا (B) ۴- کشت مخلوط ردیفی کنجد و لوبیا (SB) با تراکم معمول (۱:۱) ۵- کشت مخلوط ردیفی رازیانه و لوبیا (FB) با تراکم معمول با نسبت (۱:۱) ۶- کشت مخلوط ردیفی رازیانه و کنجد (FS) با تراکم معمول و نسبت (۱:۱) ۷- کشت مخلوط رازیانه، کنجد و لوبیا (FSB) با تراکم معمول و به‌نسبت (۱:۱:۱) بود. به‌منظور کشت سه گیاه رازیانه، کنجد و لوبیا، زمینی که سال قبل به‌صورت آیش رها شده بود، انتخاب گردید. در اسفند ماه ۱۳۸۹ عملیات خاک‌ورزی شامل شخم با گاوآهن برگردان‌دار و دو دیسک عمود بر هم انجام گرفت. در هفدهم اسفند ماه کود گاوی پوسیده به‌میزان ۳۰ تن در هکتار به‌طور یکنواختی در کل مزرعه پخش شد و سپس با استفاده از شیارساز جوی و پشته‌هایی به‌عمق ۲۰سانتی‌متر و فاصله ۵۰ سانتی‌متر ایجاد گردید. ابعاد کرت‌ها (۶×۶) فاصله دو کرت اصلی از یکدیگر ۰/۵ متر و فاصله بلوک‌ها یک متر در نظر گرفته شد.

عملیات کاشت سه گیاه در زمان‌های متفاوت صورت گرفت، کاشت رازیانه در تاریخ ۱۷ فروردین ۱۳۹۰، با فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر، با تراکم ۱۰ بوته در مترمربع صورت گرفت و اولین آبیاری ۳ روز پس از کاشت انجام گرفت و تا سبز شدن گیاه دو بار در هفته ادامه یافت. کشت کنجد در تاریخ ۱۳ اردیبهشت ۱۳۹۰ با فاصله روی ردیف برابر با ۱۰ سانتی‌متر (تراکم ۲۰ بوته در مترمربع) و لوبیا در تاریخ ۱۹ اردیبهشت با فاصله ۱۵ سانتی‌متر روی ردیف (تراکم ۱۳ بوته در مترمربع) صورت گرفت. به‌منظور سبز شدن سریع و یکنواخت کنجد در هفته‌های اول کاشت دو بار آبیاری صورت گرفت و پس از آن مجدداً آبیاری به یک بار در هفته تقلیل یافت. از آن‌جایی که هدف کشت این سه گیاه در یک سیستم کم‌نهاده بود و همچنین به‌دلیل تأثیرات منفی که مواد شیمیایی می‌توانند بر کیفیت مواد مؤثره و ترکیبات گیاهان دارویی داشته باشد، سعی شد از حداقل مواد شیمیایی همراه با سایر روش‌های جایگزین مثل بوجاری کامل بذر، وجین دستی علف‌های هرز و روش‌های کنترل دور آبیاری و استفاده از کود دامی، جهت مبارزه با آفات و علف هـای هرز استفاده شود. به‌دلیل آلوده بودن مزرعه به دو نوع قارچ *رایزوکتونیا* و *فیتیوم* و با توجه به حساس بودن لوبیا به این قارچ‌ها، در طول فصل رشد دو بار از سم متالاکسیل استفاده شد و پس از آن با کاهش دمای محیط و کنترل دور آبیاری از گسترش بیماری جلوگیری به عمل آمد.

به‌منظور تعیین آنالیزهای رشدی گیاهان و تعیین شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد، اندازه‌گیری‌ها به‌طور منظم و هر ۱۵ روز انجام گرفت. نمونه‌برداری تخریبی در مورد رازیانه ۵۷ روز پس از کاشت، لوبیا ۲۴ روز پس از کاشت و در ارتباط با گیاه کنجد، ۴۸ روز پس از کاشت صورت گرفت. همچنین در طول فصل رشد ارتفاع نمونه‌های مورد بررسی ثبت گردید. نمونه‌گیری‌های تخریبی از دو متر انتهایی هر کرت با حذف دو ردیف کناری و ۰/۵ متر انتهایی هر پشته به‌عنوان اثر حاشیه‌ای و از ۱۰ ردیف وسط به‌طور تصادفی صورت گرفت. از هر کرت پنج بوته به‌طور تصادفی از یک سطح مشخص انتخاب و در کل در مورد هر سه گیاه هفت بار نمونه‌برداری در طی فصل رشد صورت گرفت. نمونه‌های برداشت شده بلافاصله در درون پلاستیک قرار داده شده و به آزمایشگاه انتقال داده می‌شدند.

سطح برگ سه گیاه توسط دستگاه سطح برگ‌سنج اندازه‌گیری و سپس نمونه‌ها به‌منظور تعیین وزن خشک به‌صورت جداگانه (برگ، ساقه، گل) در داخل پاکت‌های کاغذی به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. در نهایت، برای تعیین وزن خشک DM و سرعت رشد محصول CGR مورد استفاده قرار گرفتند.

به‌منظور رسم نمودار سطح برگ معادله لوجستیک پیک (معادله ۱) با استفاده از نرم‌افزار اسلاید رایت به داده‌های سطح برگ برازش داده شد .

معادله (۱)

$$y=a_0+a_1\times4\times (\exp(-(x-a_2)/a_3)) / (1+\exp(-(x-a_2)/a_3))^2$$

a_0: عرض از مبداء، a_1: LAI حداکثر، a_2: زمان رسیدن به حداکثر LAI، a_3: نقطه عطف منحنی که در آن رشد سطح برگ وارد مرحله

خطی می‌شود.

و همچنین به‌منظور رسم نمودار DM ابتدا یک معادله لوجستیک (معادله ۲) به داده‌های ماده خشک برازش داده شد و سپس از مشتق آن معادله لوجستیک (معادله ۳) به‌منظور برازش داده‌های CGR استفاده شد.

معادله (۲)

Y=a/ (1+b×exp (-c×t))

معادله (۳)

dY/dt=a×b×c×exp(-c×t)/((1+b×exp(-c×t)))^2

در نهایت نیز، نسبت برابری زمین از معادله ۴ محاسبه گردید.

معادله (۴)

$$LER = \sum_{i}^{n}\left(\frac{Yi}{Ys}\right)$$

که در آن، LER: نسبت برابری زمین، Yi: حداکثر سرعت رشد هر محصول در کشت مخلوط، Ys: حداکثر سرعت رشد همان محصول در کشت خالص و n: تعداد گونه‌ها می‌باشد.

جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel و Slid write استفاده شد.

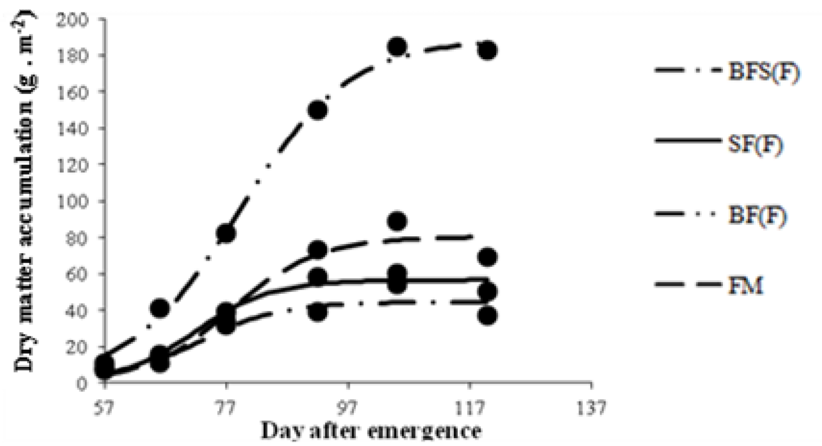
نتایج و بحث

اثر تیمارهای مختلف کشت مخلوط و خالص بر میزان ماده خشک (DM) رازیانه، کنجد و لوبیا

روند تجمع ماده خشک در مورد گیاه رازیانه در تیمارهای مختلف روندی مشابه داشته و بالاترین میزان تجمع ماده خشک مربوط به تیمار کشت خالص رازیانه (۱۸۴/۶ گرم بر مترمربع) و کمترین میزان تجمع ماده خشک در تیمار کشت مخلوط ردیفی رازیانه- کنجد- لوبیا (۵۴/۴۱ گرم بر مترمربع) مشاهده شد (شکل ۱). پس از کشت خالص رازیانه، کشت مخلوط ردیفی رازیانه و لوبیا با میزان ماده خشک ۸۹/۱۵ گرم بر مترمربع بالاترین میزان تجمع ماده خشک را دارا بود. در مورد کشت مخلوط رازیانه و لوبیا روند ثبات در تجمع ماده خشک ۹۲ روز پس از سبز شدن مشاهده و در تیمار کشت مخلوط کنجد و رازیانه در کمترین زمان (۸۸ روز) به حالت ثبات رسید. به نظر می‌رسد که در کشت مخلوط رازیانه و کنجد، گیاه رازیانه، گیاه مغلوب بوده و تحت فشار رقابتی کنجد نتوانسته از عوامل محیطی مثل نور، آب و مواد غذایی به نحو مطلوب استفاده کند. جهانی و همکاران (Jahani et al., 2008) با بررسی کشت مخلوط زیره سبز و عدس، بالاترین میزان تجمع ماده خشک و شاخص سطح برگ زیره را در تیمارهای کشت مخلوط ردیفی زیره سبز و عدس و همچنین کشت خالص این گیاه گزارش کرد. میرهاشمی و همکاران (Mirhashemi et al., 2010) با مقایسه ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط زنیان (*Carum copticum*) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*) گزارش کردند که مقادیر وزن خشک در کلیه تیمارهای کشت مخلوط زنیان و شنبلیله در مقایسه با کشت خالص دو گیاه بیش‌تر بود.

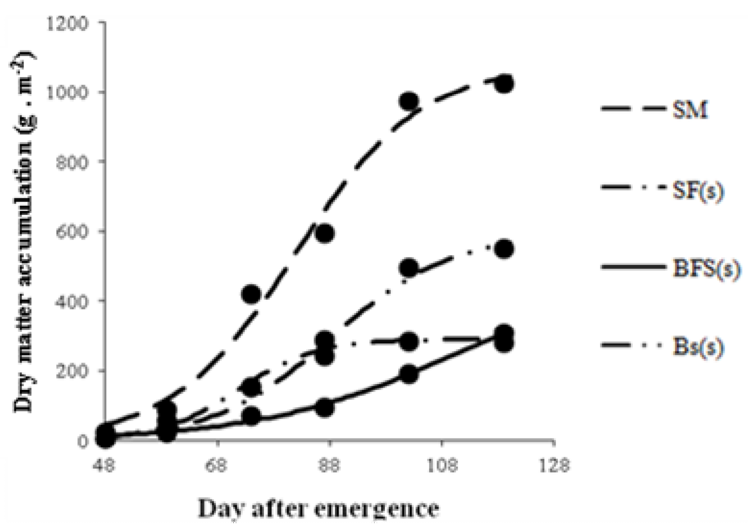
روند تجمع ماده خشک گیاه کنجد نشان داد که بالاترین میزان ماده خشک در تیمار کشت خالص کنجد (۱۰۲۳ گرم بر مترمربع) وکم‌ترین آن در تیمار کنجد- رازیانه (۲۸۶ گرم بر مترمربع) مشاهده شد. روند ثبات تجمع ماده خشک در تیمار کنجد- رازیانه، ۸۸ روز پس از سبز شدن مشاهده شد (شکل ۲). از آن‌جایی که لوبیا از خانواده لگومینوز می‌باشد، بنابراین حضور این گیاه در تیمار کشت مخلوط کنجد و لوبیا سبب شده که کنجد از اثرات مثبت لوبیا به‌ویژه نیتروژن تثبیت شده به‌وسیله این گیاه استفاده نموده و سبب تولید بالاترین میزان ماده خشک بعد از تیمار کشت خالص شده است (شکل ۲). بیدختی و همکاران (Rezvan Beydokhti, 2005) طی بررسی خود در رابطه با کشت مخلوط لوبیا و ذرت، تجمع بیش‌ترین ماده خشک را در تیمارهای کشت مخلوط ردیفی بیان نمودند.

بررسی ماده خشک لوبیا در تیمارهای مختلف کشت مخلوط و خالص نشان داد که این گیاه در تیمار کشت خالص لوبیا و با ۵۷۵ گرم بر مترمربع دارای بالاترین میزان تجمع ماده خشک و در کشت مخلوط رازیانه- کنجد- لوبیا با ۱۱۰گرم بر مترمربع کم‌ترین میزان تجمع ماده خشک در واحد سطح را دارا بود (شکل ۳). به نظر می‌رسد لوبیا در تیمارهای کشت مخلوط به‌سبب رقابتی که با سایر گونه‌ها داشته، نتوانسته است به نحو مطلوب از منابع موجود در خاک استفاده کند و در نتیجه باعث کاهش میزان ماده خشک تولیدی گیاه شده است. جهانی (Jahani et al., 2008) طی بررسی خود در ارتباط با کشت مخلوط زیره سبز (*Cuminum cyminum*) و عدس (*Lens culinaris*) گزارش کرد که کشت خالص عدس بیشترین میزان ماده خشک را دارا بود.



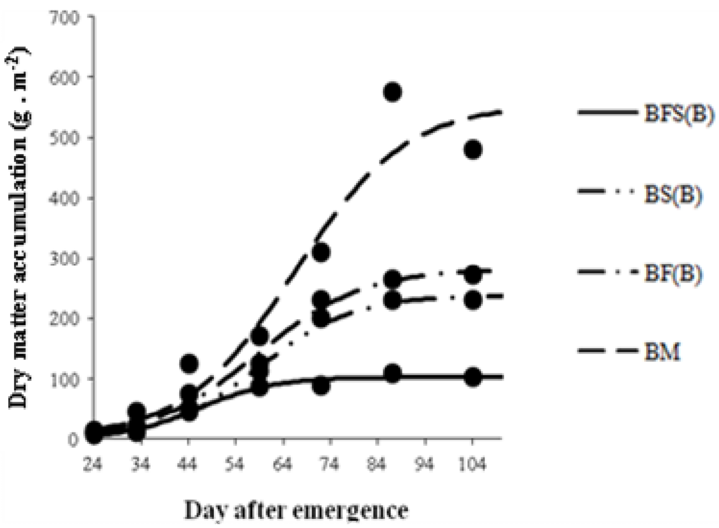
شکل ۱- مقایسه روند تغییرات ماده خشک رازیانه در طول فصل رشد تحت تأثیر تیمارهای مختلف کشت خالص و مخلوط (FM: خالص رازیانه، BF: رازیانه – لوبیا، SF: رازیانه – کنجد و BFS: رازیانه- کنجد – لوبیا)

Fig. 1- Comparison of trends in biomass accumulation during the growing season under different treatments Fennel monoculture and mixed (FM: fennel sole crop, BF: fennel – bean, SF: fennel – sesame and BFS: fennel – sesame – bean)



شکل ۲- مقایسه روند تغییرات ماده خشک کنجد در طول فصل رشد تحت تأثیر تیمارهای مختلف کشت خالص و مخلوط (SM: خالص کنجد، SF: کنجد – رازیانه، BS: کنجد ـ لوبیا و BSF: کنجد ـ رازیانه – لوبیا)

Fig. 2- Comparison of trends in biomass during the growing season under different treatments Sesame monoculture and mixed (SM: sesame sole crop, SF: sesame – fennel, BS: sesame – bean and BSF: sesame- fennel – bean)



شکل ۳- مقایسه روند تغییرات ماده خشک لوبیا در طول فصل رشد تحت تأثیر تیمارهای مختلف کشت خالص و مخلوط (BM: خالص لوبیا، BF: لوبیا – رازیانه، BS: لوبیا – کنجد و BFS: لوبیا- رازیانه – کنجد)

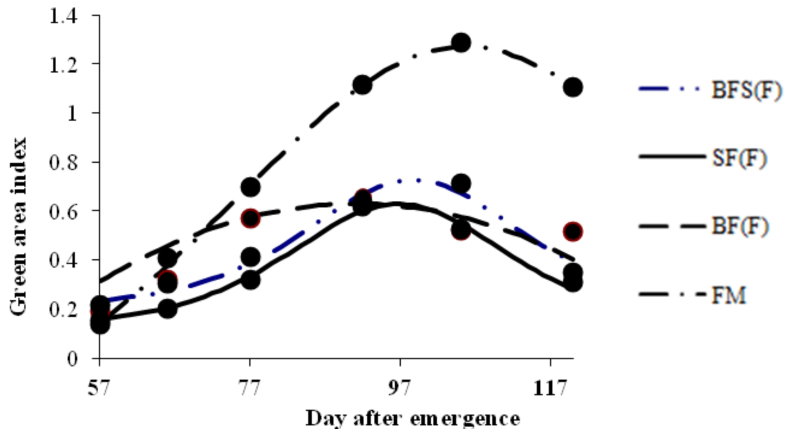
Fig. 3- Comparison of trends in biomass during the growing season under different treatments bean monoculture and mixed (BM: bean sole crop, BF: bean- fennel, BS: bean- sesame and BFS: bean- fennel – sesame)

اثر تیمارهای مختلف کشت مخلـوط و خـالص بـر شـاخص سطح برگ (LAI) رازیانه، کنجد و لوبیا

در گیاه رازیانه بیش‌ترین شاخص سطح سبز (۱/۲۸) در تیمار کشت خالص رازیانه و کم‌ترین میزان (۰/۶۱) نیـز مربـوط بـه تیمـار کشـت مخلوط رازیانه – کنجد بود. کشت خالص رازیانه نسبت به تیمارهای کشت مخلوط سطح برگ خود را در طول دوره بیش‌تری حفـظ کـرد (شکل ۴). با توجه به نتایج موجود در شکل ۵، احتمال این وجود دارد که کنجد اثرات انتاگونیستی بر گیاه رازیانه داشته و در رقابت با ایـن گیاه پیروز شده و رازیانه نتوانسته شاخص سطح بـرگ بـالایی تولیـد کند.

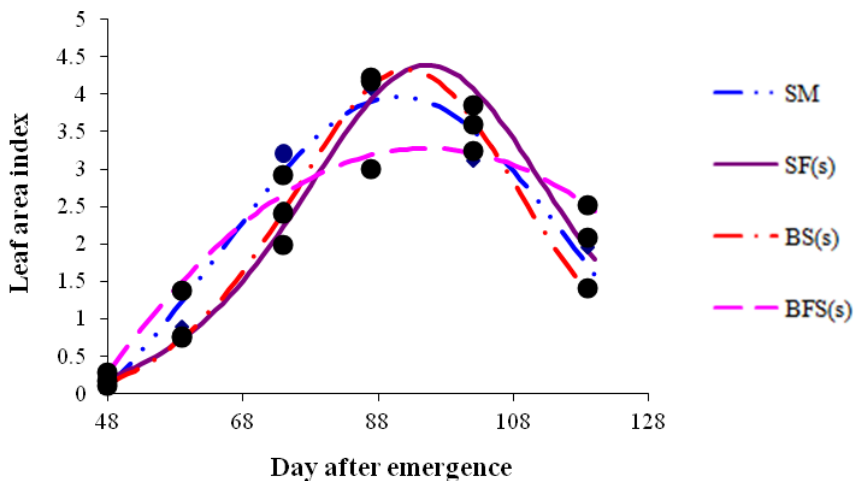
همچنین در تیمار کشت مخلوط رازیانه به‌همراه لوبیا، به نظر می-رسد به‌علت وجود رقابت پایین بین رازیانه و لوبیـا در ابتـدای فصـل رشد، رازیانه توانسته از فضای موجود بـه‌نحـو بهتـری اسـتفاده و در نتیجه، شاخص سطح برگ بالایی تولید کند؛ پس از آن با بسته شدن کانوپی و شکل گرفتن رقابت بین این دو گیاه و نیز اسـتفاده لوبیـا از گیاه رازیانه به‌عنوان قیم و سایه‌اندازی، گیاه دارویی رازیانه نتوانسـته است این روند افزایشی را حفظ و از سطح سبز تولیـد شـده در جهـت تولید بیشتر ماده خشک استفاده کند.

نتایج این آزمایش نشان داد که در گیاه کنجد حـداکثر و حـداقل شاخص سطح برگ به‌ترتیب در تیمارهـای کشـت مخلـوط کنجـد- رازیانه (۴/۲) و کشت مخلوط کنجد- رازیانه- لوبیا (۳/۲) مشاهده شد (شکل ۵). به نظر می‌رسد که کنجد در تیمار کشت مخلوط با رازیانه تأثیرات آنتاگونیستی بر این گیاه داشته و توانسته شرایط محیطی را به نفع خود تغییر دهد. همچنین رقابت بین گونه‌ای با سایر گونـه‌هـا در تیمار کشت مخلوط سه گونه مانع از افزایش شاخص سطح بـرگ در این گیاه شده است. شاخص سطح برگ در تیمـار کشـت خـالص (۴) تفاوت چشمگیری با تیمار کنجـد رازیانـه نداشـت. در تیمـار کشـت مخلوط کنجد- رازیانه- لوبیا روند افزایشی ۴۸ روز پس از سبز شدن شروع و تا روز ۸۰ام ادامه داشته، سپس به ثبات رسیده و روند کاهشی در روز ۱۰۰ ام مشـاهده گردیـد (شـکل ۵). کـوچکی و همکـاران (Koocheki et al., 2010) در مطالعه شاخص‌های رشد شاهدانه (.*Cannabis sativa* L) و کنجد در دو نوع کشت مخلوط جـایگزینی و افزایشی بیان داشتند که شاخص سطح برگ کنجـد در طـول فصـل رشد در شرایط مخلوط با شاهدانه در مقایسه با کشت خالص کـاهش یافت. طی این بررسی، بیش‌ترین شاخص سطح برگ (۱/۳۴) کنجـد در کشت خالص و کم‌ترین میزان آن (۰/۲۳) در سـری افزایشـی ۵۰ درصد کنجد و ۱۰۰ درصد شاهدانه به‌دست آمد.



شکل ٤- مقایسه روند تغییرات شاخص سطح سبز رازیانه در طول فصل رشد تحت تأثیر تیمارهای مختلف کشت خالص و مخلوط (FM: خالص رازیانه، BF: رازیانه – لوبیا، SF: رازیانه – کنجد و BFS: رازیانه- کنجد – لوبیا)

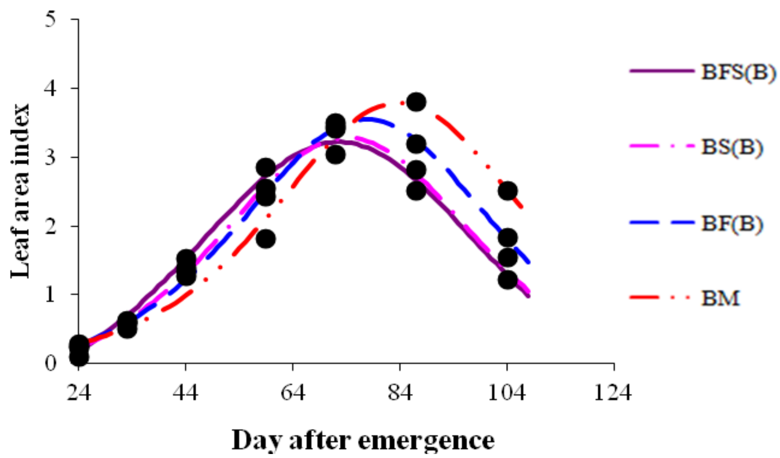
Fig. 4- Comparison trends fennel green area index over the growing season under different treatments monoculture and mixed (FM: fennel sole crop, BF: fennel – bean, SF: fennel – sesame and BFS: fennel – sesame – bean)



شکل ٥- مقایسه روند تغییرات شاخص سطح برگ کنجد در طول فصل رشد تحت تأثیر تیمارهای مختلف کشت خالص و مخلوط (SM: خالص کنجد، SF: کنجد – رازیانه، BS: کنجد ـ لوبیا و BSF: کنجد ـ رازیانه – لوبیا)

Fig. 5- Comparison trends sesame leaf area index over the growing season under different treatments monoculture and mixed (SM: sesame sole crop, SF: sesame – fennel, BS: sesame – bean and BSF: sesame- fennel – bean)

بررسی شاخص سطح برگ لوبیا در تیمارهای مختلف نشـان داد که تیمار کشت خالص لوبیا نسبت به تیمارهای کشت مخلـوط دارای بالاترین شاخص سطح برگ (۳/۸) بود و پایین‌ترین شـاخص سـطح برگ این گیاه (۳/۰۴) در تیمار کشت مخلوط رازیانه- کنجـد- لوبیـا به‌دست آمد (شکل ۶) که به نظر می‌رسد رقابت درون گونه‌ای موجود در کشت‌های مخلوط بر سر منابع موجود، سبب کاهش سـطح بـرگ شده است. جهانی و همکاران (Jahani et al., 2008) نیز طی بررسی خود بر کشت مخلوط زیره سبز و عدس بیش‌ترین شاخص سطح برگ را در تیمار کشت خالص عدس بیان کردند. قـوش (Ghosh et al., 2006) کاهش شاخص سطح برگ بادام زمینی را در مخلوط بـا ارزن مرواریـدی (*Pennisetum* spp.) گـزارش کـرد. در پژوهشـی دیگـر مشاهده شد که حداکثر شاخص سـطح بـرگ ذرت و لوبیـا درکشـت خالص بیش‌تر ازکشت مخلوط بود (Rezvan Beydokhti, 2005).



شکل ٦- مقایسه روند تغییرات شاخص سطح برگ لوبیا در طول فصل رشد تحت تأثیر تیمارهای مختلف کشت خالص و مخلوط (BM: خالص لوبیا، BF: لوبیا – رازیانه، BS: لوبیا – کنجد و BFS: لوبیا- رازیانه – کنجد)

Fig. 6- Comparison trends bean leaf area index over the growing season under different treatments monoculture and mixed (BM: bean sole crop, BF: bean- fennel, BS: bean- sesame and BFS: bean- fennel – sesame)

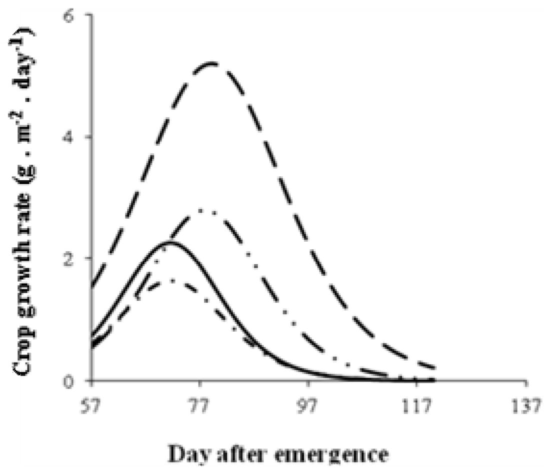
اثر تیمارهای مختلف کشت مخلوط و خالص بر سرعت رشد محصول (CGR) رازیانه، کنجد و لوبیا

حداکثر و حداقل مقادیر سرعت رشد محصول در گیاه رازیانه به‌ترتیب در تیمارهای کشت خالص (۵/۲ گرم بر مترمربع در روز) و کشت مخلوط رازیانه- کنجد و لوبیا (۱/۶۲ گرم در مترمربع در روز) به‌دست آمد (شکل ۷). به‌طورکلی، سرعت رشد محصول در تیمارهای کشت مخلوط پایین‌تر از کشت خالص بوده که این می‌تواند به‌علت وجود رقابت درون گونه‌ای بالا در این نوع کشت‌ها باشد. میرهاشمی و همکاران (Mirhashemi et al., 2010) طی بررسی خود بر کشت مخلوط زنیان و شنبلیله بیش‌ترین سرعت رشد محصول را در تیمار کشت مخلوط سه ردیفی شنبلیله گزارش کردند.

نتایج این آزمایش در مورد کنجد نشان داد که تیمار کشت خالص کنجد بیش‌ترین کارایی استفاده از منابع را نشان داده و مقدار عددی سرعت رشد در مورد این تیمار ۲۴/۵۳ گرم بر مترمربع بود که در روز ۸۲ام پس از سبز شدن به‌دست آمد. تیمار کنجد- رازیانه- لوبیا با سرعت رشد محصول ۶/۵۹ گرم بر مترمربع در روز دارای کم‌ترین مقدار بود (شکل ۸).

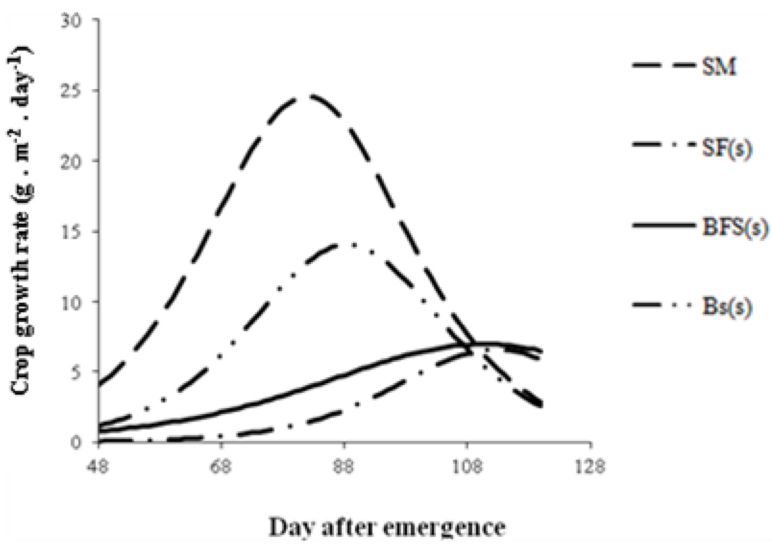
کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2010) در مطالعه شاخص‌های رشد شاهدانه و کنجد در دو نوع کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی بیان داشتند که بیش‌ترین سرعت رشد گیاه در شاهدانه و کنجد به‌ترتیب در سری جایگزینی ۵۰ درصد کنجد و ۵۰ درصد شاهدانه و کشت خالص به‌دست آمد.

بالاترین سرعت رشد محصول (۱۱/۸ گرم بر مترمربع بر روز) در مورد لوبیا مربوط به تیمار کشت خالص لوبیا بود که در روز ۶۶ پس از سبز شدن به دست آمد. کم‌ترین سرعت رشد محصول در تیمار کشت مخلوط لوبیا- رازیانه- کنجد با مقدار عددی ۳/۲۶ گرم بر مترمربع بر روز مشاهده شد (شکل ۹). رضوان بیدختی و همکاران (Rezvan Beydokhti, 2005) طی مطالعه خود بر کشت مخلوط ذرت و لوبیا بیان داشتند که بالاترین میزان سرعت رشد محصول در کشت خالص لوبیا (۱۷ گرم بر مترمربع در روز) به‌دست آمد. قوش (Ghosh et al., 2006)، نیز در بررسی کشت مخلوط سویا (*Glycine max* L.) و لپه هندی (*Cajanus cajan* L.) نشان داد که سرعت رشد هر دو محصول در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص بیش‌تر بود. این محقق هم‌چنین در تحقیق خود، بیش‌ترین سرعت رشد محصول را درکشت مخلوط ردیفی بیان کرد و هم‌چنین بیان داشت که با تغییر ترکیب کشت از خالص به‌سمت مخلوط ردیفی سرعت رشد محصول افزایش یافته است.



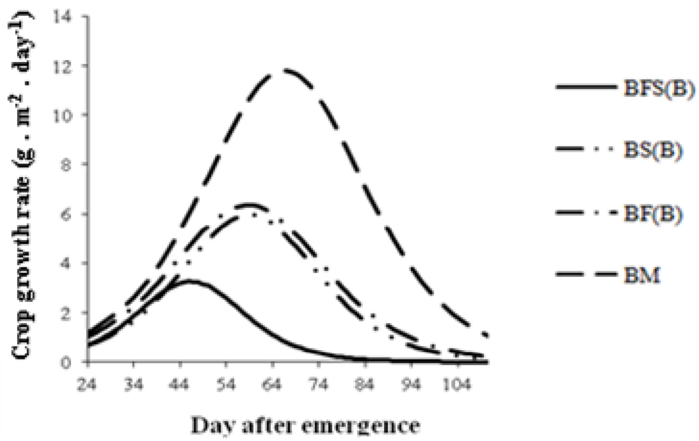
شکل ۷- مقایسه روند تغییرات سرعت رشد محصول رازیانه در طول فصل رشد تحت تأثیر تیمارهای مختلف کشت مخلوط و خالص(FM: خالص رازیانه، BF: رازیانه – لوبیا، SF: رازیانه – کنجد و BFS: رازیانه- کنجد – لوبیا)

Fig. 7- Comparison trends fennel crop growth rate during the growing season under different treatments pure and mixed cultures (FM: fennel sole crop, BF: fennel – bean, SF: fennel – sesame and BFS: fennel – sesame – bean)



شکل ۸- مقایسه روند تغییرات سرعت رشد محصول کنجد در طول فصل رشد تحت تأثیر تیمارهای مختلف کشت مخلوط و خالص (SM: خالص کنجد، SF: کنجد – رازیانه، BS: کنجد ـ لوبیا و BSF: کنجد ـ رازیانه – لوبیا)

Fig. 8- Comparison trends sesame crop growth rate during the growing season under different treatments pure and mixed cultures (SM: sesame sole crop, SF: sesame – fennel, BS: sesame – bean and BSF: sesame- fennel – bean)



شکل ۹- مقایسه روند تغییرات سرعت رشد محصول لوبیا در طول فصل رشد تحت تأثیر تیمارهای مختلف کشت مخلوط و خالص(BM: خالص لوبیا، BF: لوبیا – رازیانه، BS: لوبیا – کنجد و BFS: لوبیا- رازیانه – کنجد)

Fig. 7- Comparison trends bean crop growth rate during the growing season under different treatments pure and mixed cultures (BM: bean sole crop, BF: bean- fennel, BS: bean- sesame and BFS: bean- fennel – sesame)

نسبت برابری زمین بیشتر از یک می‌تواند ناشی از کارایی مصرف نور بالاتر در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص باشد (Javanshir et al., 2000). ارزیابی تیمارهای کشت مخلوط و خالص با استفاده از نسبت برابری زمین و بر اساس حداکثر سرعت رشد محصـول نشـان داد که حداکثر این نسبت در تیمار کشت مخلوط لوبیا و کنجد به‌میزان ۱/۰۹ به‌دست آمد. به‌جز در تیمار کشت مخلوط رازیانه- کنجـد کـه کمترین میزان نسبت برابری زمین را به‌همراه داشت، سایر تیمارهای کشت مخلوط نسبت برابری بیش از یـک را نشـان دادنـد کـه ایـن می‌تواند بیانگر برتری کشت‌های مخلـوط نسـبت بـه خـالص باشـد (جدول ۲).

جدول ۲- مقادیر نسبت برابری زمین (LER) در تیمارهای مختلف کشت مخلوط رازیانه، کنجد و لوبیا

Table 2- Amount of Land Equivalent Ratio (LER) in different intercropping treatments, fennel, sesame and beans

LER کل Land Equivalent Ratio	عملکرد نسبی لوبیا Bean relative yield	عملکرد نسبی کنجد Sesame relative yield	عملکرد نسبی رازیانه Fennel relative yield	تیمار Treatment
1.07	0.53	–	0.54	رازیانه- لوبیا Fennel/Bean
1.09	0.50	0.59	–	کنجد- لوبیا Sesame/Bean
0.70	–	0.26	0.43	کنجد- رازیانه Sesame/Fennel
1.04	0.27	0.45	0.31	کنجد- رازیانه- لوبیا Sesame/Fennel/Bean

نتیجه‌گیری

چنانچه گیاهان موجود در مخلوط به‌گونه‌ای انتخاب گردنـد کـه حداقل رقابت درون گونه‌ای را داشته باشند و بر سر نیچ‌های مشترک رقابت نکنند، در این صورت به‌نحو مطلوب از منـابع موجـود اسـتفاده می‌گردد. کاهش رقابت بین گونه‌ای سبب افزایش فتوسـنتز، افـزایش رشد به طبع آن افزایش سطح برگ، تجمع ماده خشک و در نتیجـه،

افزایش سرعت رشد محصول می‌گردد. همچنین بـالا بـودن نسـبت برابری زمین در اکثر تیمارهای کشت مخلوط می‌تواند حاکی از برتری این نوع کشت نسبت به کشت خالص باشد. با توجه به ایـن نسـبت، تیمار کشت مخلوط کنجد - لوبیا با نسبت برابری ۱/۰۹، نسـبت بـه سایر تیمارهای کشت مخلوط برتری داشت. به نظر می‌رسد کنجد در این تیمار از لوبیا به‌عنوان یک گیاه تثبیـت‌کننـده نیتـروژن، تـأثیرات مثبت پذیرفته است.

References

Blackman, V.H., 1919. The compound interest law and plant growth. Annals of Botany 33: 353-360.

Chiariello, N.R., Mooney, H.A., and Williams, K., 1989. Growth; carbon allocation and cost of plant tissues. In: R.W. Pearcy et al., (Ed.) Plant Physiological Ecology: Field Methods and Instrumentation. Hall, London, pp. 327-365.

Federer, W.T., 1993. Statistical Design and Analysis for Intercropping Experiment, Two Crops. Springer Verlag INC.

Francis, C.A., 1986. Biological efficiencies in multiple cropping systems. Advances in Agronomy 42: 1-41.

Gardner, F.B., Pearce, R.B., and Mitchel, R.L., 1985. Physiological of Crop Plants. The Iowa State University Press, Ames, IOWA.

Gardner, F.P., Pearce, R.B., and Mitchell, R.L., 1988. Physiology of Crop Plants. Blackwell Scientific Publications, Oxford, U.K.

Ghosh, P.K., Mohanty, M., Bandyopadhyay, K.K., Painuli, D.K., and Misra, A.K., 2006. Growth, competition, yield advantage and economics in soybean/pigeonpea intercropping system in semi-arid tropics of India. II. Effect of nutrient management. Field Crops Research 96: 90-97.

Jahan, M. 2004. Study of Ecological aspects intercropping of chamomile (*Matricaria chamomile*) and ever green (*Calendula officinalis*) with manure. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Jahani, M., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M., 2008. Comparison of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and lentil (*Lens culinaris* M.). Iranian Journal of Field Crops Research 6: 67-78. (In Persian with English Summary)

Javanshir, A., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Hamidi, A., and Gholipour, C. (Eds.), 2000. The ecology of intercropping (translation). Jihad, Mashhad University Press, Iran, 222 p. (In Persian)

Karimi, M.M., and Siddique, H.M., 1991. Crop growth and relative growth rate of old and modern wheat cultivars. Australian Journal of Agricultural Research 42: 13-20.

Khoddam Bashi, M., Karimi, M., and Khaje Pur, R., 1990. Effect of irrigation regime on growth of soybeans. Iranian Journal of Agricultural Sciences. Iranian Journal of Agricultural Sciences numbers 1 and 2.

Koocheki, A., and Banayan, M. (Eds.), 1996. Modelling the crop. Jihad, Mashhad University Press, Iran, 183 p.

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Khorramdel, S., Anvarkhah, S., Sabt Teimouri, and M., Sanjani, S., 2010. Evaluation of growth indices of hemp (*Cannabis sativa* L.) and sesame (*Sesamum indicum* L.) in intercropping with replacement and additive series. Journal of Agroecology 2: 30-40. (In Persian with English Summary)

Maffei, M., and Mucciarelli, M., 2003. Essential oil yield in peppermint/soybean strip intercropping. Field Crops Research 84: 229-240.

Mirhashemi, S.M., Koocheki, A., Parsa, M., and Nassiri Mahallati, M., 2010. Evaluation of growth indices of ajowan and fenugreek in pure culture and intercropping based on organic agriculture. Iranian Journal of Field Crops Research 7: 685-694. (In Persian with English Summary)

Nassiri Mahallati, M. (Ed), 2000. Modelling Crop Growth Processes. Jihad, Mashhad University Press, Iran, 280 p. (In Persian)

Payne, W.A., Wendt, C.W., and Hossner, L.R.E. G.C., 1991. Estimating pearl millet leaf area. Agronomy Journal 83: 937-941.

Pelzer, E., Bazot, M., and Makowski, D., 2012. Pea–wheat intercrops in low-input conditions combine high economic performances and low environmental impacts. European Journal of Agronomy 40: 39-53.

Rezvan Beydokhti, S., 2005. Comparison of different intercropping arrangement of corn and bean. M.Sc. Thesis, College of Agriculture. Ferdowsi University, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Sarmdnya, G., Koocheki, A. (Eds.), 1989. Crop Physiology. Jahad University Press, Mashhad, Iran, 432 p. (In Persian)

Sujatha, S., Bhat, R., Kannan, C., and Balasimha, D., 2011. Impact of intercropping of medicinal and aromatic plants with organic farming approach on resource use efficiency in arecanut (*Areca catechu* L.) plantation in India.

Industrial Crops and Products 33: 78-83.
Vandermeer, J. (Ed), 1989. The Ecology of Intercropping, Cambridge University Press, Great Britain. pp. 237.
Zarifpur, N., 2011. Evaluation of intercropping beans with cumin and increased emphasis on alternative methods. M.Sc. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, 131 p. (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 13, No.2, Summer 2021, p. 237-250

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۳، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰، ص ۲۵۰-۲۳۷

Assessment of the Growth Indices of Intercropped Fennel (*Foeniculum vulgare*), Sesame (*Sesamum indicum*) and Bean (*Phaseolus vulgaris*)

F. Rnjbar[1], A. Koocheki[2]* and M. Nassiri Mahallati[2]

Submitted: 03-09-2013
Accepted: 28-11-2013

Rnjbar, F., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M., 2021. Assessment of the growth indices of intercropped fennel (*Foeniculum vulgare*), sesame (*Sesamum indicum*) and bean (*Phaseolus vulgaris*). Journal of Agroecology 13(2):237-250.

Introduction

Intercropping is a well-known agro-ecological practice for its dramatic effect on pest and weed control, increasing productivity as well as enhancing resources (radiation, water and nitrogen) use efficiency. All these beneficial effects are the results of increased species diversity which presumably would be higher with introducing more component species. On the other hand, crop growth analysis provides indices for quantifying the rate of dry matter production and allocation of dry matter to the other organs, particularly to leaves. It seems that growth indices of intercropped species relative to their pure stands could be useful for better understanding of higher productivity of more diverse intercrops.

The objective of this study was comparison of growth indices and dry matter allocation as well as land equivalent ratio of fennel (*Foeniculum vulgar*), common bean (*Phaseolus vulgaris*) and sesame (*Sesamum indicum*) grown in monoculture or intercropping systems.

Materials and Methods

The experiment was conducted as randomized complete block design with three replications and seven treatments including pure fennel (F), pure sesame (S), pure bean (B), row intercropping with 1:1 ratio of FB, SB and FS as well as 1:1:1 intercrop of FSB. All treatments were sown in recommended planting date and density. Total aboveground materials of each plot were sampled in 5 randomly selected plants in two-weekly intervals and repeated seven times during growth period. Green leaf area index (GAI) and total aboveground dry matter (DM) were measured for each species in sole and intercropped plots. Time course of LAI and DM was estimated by fitting logistic peak and sigmoid functions to the measured values for each species, respectively. Crop growth rate (CGR; g m^{-2} d^{-1}) of each species was estimated as the first derivative of the sigmoid function. Economic yield of species was measured by harvesting the whole plots and used for calculation of land equivalent ratio (LER) for intercropping treatments.

Results and Discussion

Results showed that for all studied species, the growth indices were lower in intercropping compared to monoculture. Maximum GAI (1.28), dry matter (184.6 g.m^2) and crop growth rate (5.2 g.m^{-2}.day^{-1}) for fennel was observed in pure stand. For sesame, the highest GAI (4.2) was obtained in the sesame – fennel intercrop, however, maximum dry matter (1023 g.m^{-2}) and crop growth rate (24.5 g.m^{-2}.day^{-1}) were achieved in the pure stand of sesame. Similarly in bean, maximum GAI (3.8), dry matter (546.39 g m^{-2}) and crop growth rate were observed in pure stand. However, the lowest GAI (0.61), dry matter (54 g m^{-2}) and crop growth rate (1.6 g m^{-2} day^{-1}) of fennel was observed in fennel-sesame and fennel-sesame–bean intercrops, respectively. The minimum GAI (3.24), dry

1- Ph.D. Student of Crop ecology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
2- Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
(*- Corresponding Author Email: akooch@um.ac.ir)
Doi: 10.22067/jag.v1i1.25372

matter (286 g.m^{-2}) and crop growth rate (6.6 g.m^{-2}.day^{-1}) of sesame was obtained in fennel- sesame- bean, fennel-sesame and fennel- sesame- bean, respectively. The minimum LAI (3.08), dry matter (110 g.m^{-2}) and crop growth rate (3.26 g m^{-2}day^{-1}) of sesame was observed in fennel- sesame- bean treatment. Despite the lower growth indices, LER was grater that 1 in all intercrops with a highest value (1.09) in sesame – bean showing the better allocation of dry matter between component species of intercropping.

Conclusion

While the LAI, DM and CGR was lower when species were intercropped, the overall rate of dry matter production of intercropping systems was about 28%, on average, higher as compared with pure stands leading to almost 10% higher productivity. Addition of the third species into intercrops has no significant effect on productivity. However, it seems that using species with diverse functional traits to increase functional diversity could cause higher productivity of intercropping systems.

Keywords: Crop growth rate, Fennel, LAI, Row intercropping, Land equivalent ratio